

# Auf einen Blick

<b>Über den Autor</b> .....	<b>9</b>
<b>Einführung</b> .....	<b>21</b>
<b>Teil I: Ganz schön clever</b> .....	<b>27</b>
<b>Kapitel 1:</b> Einführung in die Thematik. ....	29
<b>Kapitel 2:</b> Eine kurze Geschichte der intelligenten Maschinen .....	37
<b>Kapitel 3:</b> Wie intelligent ist die Künstliche Intelligenz wirklich? .....	45
<b>Kapitel 4:</b> Alles, was Sie über das Wissen wissen müssen .....	77
<b>Kapitel 5:</b> Alles logisch oder was? .....	117
<b>Teil II: Wie lernt und denkt eine Maschine heute</b> .....	<b>155</b>
<b>Kapitel 6:</b> Die Grundlagen des maschinellen Lernens .....	157
<b>Kapitel 7:</b> Kaum zu glauben – Die Maschine lernt richtige Regeln .....	205
<b>Kapitel 8:</b> Neuronale Netze – Auf dem Weg zum künstlichen Gehirn .....	225
<b>Kapitel 9:</b> Deep Learning – Der neue Clou der Künstlichen Intelligenz .....	275
<b>Teil III: Eine bunte Umsetzung der Künstlichen Intelligenz, denn alle Theorie ist grau</b> .....	<b>291</b>
<b>Kapitel 10:</b> Ist KI nur Mathematik? .....	293
<b>Kapitel 11:</b> Klüger als die alten Meister – Wieso gewinnt die KI im Schach und Go? .....	307
<b>Kapitel 12:</b> Mal was Nützliches – KI in Industrie und Gesellschaft .....	321
<b>Kapitel 13:</b> Und immer wieder lernen – KI und die Daten unserer Welt .....	347
<b>Kapitel 14:</b> KI zum Anfassen – Arbeiten mit Tools .....	391
<b>Teil IV: Ist die Maschine bald klüger als der Mensch und fühlt sie sich wenigstens gut dabei</b> .....	<b>403</b>
<b>Kapitel 15:</b> Materie und Geist – Ein notwendiger Ausflug in die Philosophie .....	405
<b>Kapitel 16:</b> Mit der Lupe ins Gehirn geschaut: Bewusstsein – Wo bist du? .....	421
<b>Kapitel 17:</b> Zukünftige Entwicklungen und ethische Fragen .....	443
<b>Teil V: Der Top-Ten-Teil</b> .....	<b>477</b>
<b>Kapitel 18:</b> Zehn Begriffe und Einordnungen .....	479
<b>Literaturliste</b> .....	<b>489</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b> .....	<b>493</b>
<b>Stichwortverzeichnis</b> .....	<b>499</b>

# Inhaltsverzeichnis

<b>Über den Autor</b> .....	<b>9</b>
Widmung .....	9
Danksagung .....	9
Leserhinweise .....	10
<b>Einführung</b> .....	<b>21</b>
Über dieses Buch .....	22
Wie dieses Buch aufgebaut ist .....	23
Teil I: Ganz schön clever .....	23
Teil II: Wie lernt und denkt eine Maschine heute .....	24
Teil III: Eine bunte Umsetzung von Künstlicher Intelligenz, denn alle Theorie ist grau .....	24
Teil IV: Ist die Maschine bald klüger als der Mensch und fühlt sie sich wenigstens gut dabei .....	25
Teil V: Der Top-Ten-Teil .....	25
Symbole, die in diesem Buch verwendet werden .....	26
Was nun? .....	26
<b>TEIL I</b>	
<b>GANZ SCHÖN CLEVER</b> .....	<b>27</b>
<b>Kapitel 1</b>	
<b>Einführung in die Thematik</b> .....	<b>29</b>
Was ist Intelligenz? .....	30
Intelligenz messen .....	30
Gibt es nicht die eine richtige Antwort? .....	31
Codierte Intelligenz .....	34
Schwache KI .....	34
Starke KI .....	35
Kann eine KI ein Bewusstsein entwickeln? .....	35
<b>Kapitel 2</b>	
<b>Eine kurze Geschichte der intelligenten Maschinen</b> .....	<b>37</b>
Autonom vs. intelligent .....	37
Denken mit Mathematik formalisieren .....	38
Der Universalcomputer .....	38
Die Geburtsstunde der Künstlichen Intelligenz .....	39
Wichtige Meilensteine der KI .....	40

**Kapitel 3**

**Wie intelligent ist die Künstliche Intelligenz wirklich?..... 45**

- Die angemessene Intelligenz – Intelligenzstufe I1 ..... 45
- Die lernende Intelligenz – Intelligenzstufe I2. .... 49
  - Muss Wissen wahr sein? ..... 50
  - Können Maschinen Wissen erzeugen? ..... 51
  - Deduktiver Wissenserwerb..... 52
  - Abduktiver Wissenserwerb..... 55
  - Induktiver Wissenserwerb ..... 56
- Die kreative Intelligenz – Intelligenzstufe I3..... 60
- Die bewusste Intelligenz – Intelligenzstufe I4 ..... 66
- Die selbstbewusste Intelligenz – Intelligenzstufe I5 ..... 68
- Einordnung der KI im Rahmen der verschiedenen Intelligenzstufen und Anmerkungen zu Bots ..... 69
  - Der Turing-Test. .... 70
  - Das Chinesische Zimmer..... 73
- Zusammenfassung ..... 74

**Kapitel 4**

**Alles, was Sie über das Wissen wissen müssen..... 77**

- Von Daten zu Informationen zu Wissen..... 77
  - Reden wir über Daten ..... 78
  - Reden wir über Information..... 80
  - Information und ihre Bedeutung..... 86
  - Berechnen wir die quantitative Größe der Bedeutung ..... 88
  - Kommen wir zum Wissen ..... 93
- Alles digital oder was ... – Die große Digitalisierungswelle ..... 95
- KI, Datenbanken und Wissensbasierte Systeme..... 100
  - Was ist eine Datenbank?..... 101
  - Was ist ein Expertensystem? ..... 102
  - Was ist ein Wissensbasiertes System? ..... 106
  - KI und Multi-Agenten-Systeme..... 106
  - KI und Semantische Netze ..... 110
- KI und neuronale Netze oder: Wie speichert der Mensch sein Wissen?..... 112
- KI-Systeme sind etwas Technisches ..... 114
- Wir erzeugen neues Wissen..... 115

**Kapitel 5**

**Alles logisch oder was?..... 117**

- KI umfasst noch sehr viel mehr..... 118
- Die Grundlagen der Logik..... 119
  - Die logische Kettenregel ..... 120
  - Aristoteles' Logik nennen wir Syllogistik ..... 120
- Aussagenlogik ..... 122
  - Junktoren der Aussagenlogik ..... 123
  - Tautologien ..... 128

Das Deduktionstheorem . . . . .	129
Das Erfüllbarkeitsproblem der Aussagenlogik. . . . .	135
Prädikatenlogik 1. Stufe (PL1) . . . . .	136
Schlussfolgern in der Prädikatenlogik. . . . .	140
Das Resolutionskalkül . . . . .	142
Die PL1 ist korrekt und vollständig . . . . .	143
Das Entscheidbarkeitsproblem der Prädikatenlogik. . . . .	143
Prädikatenlogik 2. Stufe (PL2) . . . . .	144
Darum PL2 -Wir quantifizieren über Prädikate . . . . .	145
Vollständige Induktion. . . . .	146
Grenzen der PL2 – Das Unvollständigkeitstheorem . . . . .	147
Unabhängig von der KI: Was bedeutet das Ergebnis von Gödel erkenntnistheoretisch? . . . . .	151
Zusammenfassung und Kritikpunkte zur klassischen Logik. . . . .	153

**TEIL II**  
**WIE LERNT UND DENKT EINE MASCHINE HEUTE . . . . . 155**

**Kapitel 6**  
**Die Grundlagen des maschinellen Lernens . . . . . 157**

Die Rohstoffe des maschinellen Lernens. . . . .	158
Einordnung des maschinellen Lernens . . . . .	159
Weiße Schwäne – schwarze Schwäne . . . . .	160
Bauen wir Modelle von der Welt. . . . .	160
Analytischer vs. empirischer Ansatz . . . . .	162
Beispiele für die empirische Modellierungsmethode. . . . .	165
Statistik im Überblick . . . . .	167
Schließende Statistik in der KI . . . . .	169
Von Datentypen, Kennzahlen und fiesen Fallstricken . . . . .	170
Welche Daten sagen was - Skalentypen . . . . .	172
Beginnen wir mit einer einfachen Datentabelle . . . . .	173
Univariate Statistik am Beispiel . . . . .	174
Multivariate Statistik am Beispiel. . . . .	177
Auf der Suche nach der Wahrheit . . . . .	180
Die Grenzen der Statistik . . . . .	182
Multivariate Statistik im mathematischen Detail . . . . .	183
Statistische Verfahren zum Auffinden von Zusammenhängen. . . . .	184
Statistische Verfahren zum Auffinden von Strukturen. . . . .	199
Zusammenfassung . . . . .	204

**Kapitel 7**  
**Kaum zu glauben – Die Maschine lernt richtige Regeln . . . . . 205**

Entscheidungs bäume . . . . .	206
Entscheidungsbaum basierend auf Maximierung des Informationsgewinns. . . . .	206

## 16 Inhaltsverzeichnis

Assoziationsregeln. . . . .	217
Wichtige Gütemaße . . . . .	217
Ein interessantes Gütemaß: Die Interessantheit . . . . .	223

### **Kapitel 8**

#### **Neuronale Netze – Auf dem Weg zum künstlichen Gehirn**

<b>Neuronale Netze – Auf dem Weg zum künstlichen Gehirn</b> . . . . .	<b>225</b>
Das Neuronenmodell . . . . .	226
Wie alles begann ... . . . . .	228
... und (fast) voreilig endete . . . . .	230
Die Topologie von neuronalen Netzwerken . . . . .	234
Überblick über neuronale Lernverfahren . . . . .	241
Überwachte Lernverfahren . . . . .	242
Unüberwachte Lernverfahren . . . . .	242
Bestärkende Lernverfahren . . . . .	242
Hebb'sche Lernregel – Das einfachste Lernverfahren . . . . .	244
Delta-Lernregel als einfaches überwachtes Lernverfahren . . . . .	245
Backpropagation-Lernregel – Der Standard der überwachten Lernverfahren . . . . .	247
LSTM-Netze (als Vertreter von Deep-Learning-Netzen) . . . . .	253
Competitive Networks – Ein einfaches unüberwachtes Lernverfahren . . . . .	254
Selbstorganisierende Merkmalskarten (SOM) – ein unüberwachtes Lernverfahren der Königsklasse . . . . .	256
Probleme der neuronalen Netze beim Einsatz in der Praxis . . . . .	266
Gütemaße neuronaler Netze für numerische Vorhersagen (Modellvorhersagen) . . . . .	266
Gütemaße für Klassifikatoren . . . . .	267
Probleme des Generalisierens . . . . .	268
Zusammenfassung . . . . .	272

### **Kapitel 9**

#### **Deep Learning – Der neue Clou der Künstlichen Intelligenz**

<b>Deep Learning – Der neue Clou der Künstlichen Intelligenz</b> . . . . .	<b>275</b>
Ein kleines bisschen Bildverarbeitung . . . . .	276
Bildverarbeitung durch Faltung ... und nicht Filterung . . . . .	277
Ein Faltungskern zur Kantendetektion . . . . .	280
Convolutional Neural Networks (CNN) – Neuronale Faltungsnetzwerke . . . . .	281
Lernphase eines CNN . . . . .	282
Anwendungsphase eines CNN . . . . .	283
Kritische Anmerkungen zum Deep Learning . . . . .	284
So täuscht man eine KI . . . . .	286

**TEIL III  
EINE BUNTE UMSETZUNG DER KÜNSTLICHEN  
INTELLIGENZ, DENN ALLE THEORIE IST GRAU ..... 291**

**Kapitel 10  
Ist KI nur Mathematik? ..... 293**

Grenzen von Mathematik und Computern .....	294
Was ist ein Algorithmus? .....	295
Ist auch die menschliche Intelligenz algorithmisch? .....	297
Wie aber kommt Penrose überhaupt auf die Idee nicht-algorithmischer Anteile? .....	298
Ist die Natur »mechanisierbar«? – Eine persönliche Sichtweise .....	299
Kann die KI irgendwann alles auf der Welt berechnen? .....	300
Kann die KI irgendwann einmal mehr als der Mensch im Bereich des Denkens leisten? .....	303

**Kapitel 11  
Klüger als die alten Meister – Wieso gewinnt die  
KI im Schach und Go? ..... 307**

Wie konnte es so weit kommen? .....	307
Deep Blue gewinnt im Schach .....	308
AlphaGo gewinnt im Go .....	313
Zugnetzwerk (Policy Network) .....	315
Bewertungsnetzwerk (Value Network) .....	315
AlphaZero gewinnt alles .....	318
Zusammenfassung .....	320

**Kapitel 12  
Mal was Nützliches – KI in Industrie und Gesellschaft ..... 321**

Künstliche Intelligenz in der Industrie .....	321
IBM Watson - Ein Paradebeispiel für Kognitive Intelligenz. ....	323
Roboter in der Industrie .....	324
Produktion, Industrie 4.0 und Internet der Dinge .....	327
Künstliche Intelligenz in der Gesellschaft. ....	332
Das Internet .....	332
Gesichtserkennung .....	332
Spracherkennung und Sprachsteuerung .....	333
Sprach-Übersetzung .....	334
Medizin .....	334
Soziale Netzwerke .....	335
KI in Kunst und Wissenschaft .....	336
Autonome Autos (Selbstfahrende Autos) .....	336
Zusammenfassung und Diskussion .....	344

<b>Kapitel 13</b>	
<b>Und immer wieder lernen – KI und die Daten unserer Welt</b> .....	<b>347</b>
Was es alles gibt. ....	347
Wozu diese Verfahren? .....	348
Was ist Data Mining? .....	350
Der Data-Mining-Prozess in der Praxis. ....	351
KI als die Data-Mining-Technologie der Industrie. ....	354
Allgemeine Situationsbewertung. ....	354
Praxisbeispiele .....	357
Praxisbeispiel – Ausschussratensenkung in einer diskreten Fertigung .....	357
Praxisbeispiel – Analyse von Prozesseigenschaften chemischer Prozesse. ....	366
Praxisbeispiel – Gleichzeitige Optimierung mehrerer Zielgrößen (Polyoptimierung). ....	371
Praxisbeispiel – Kostenreduktion im Einkauf durch Text Mining .....	374
Und vieles mehr .....	378
Zusammenfassung .....	379
KI & Big Data – Fluch und Segen zugleich .....	382
Schauen wir zuerst zu Facebook .....	382
BUMMER und das Gesetz der großen Zahlen .....	384
Und nun zu Google .....	384
Da ist der Haken. ....	387
 <b>Kapitel 14</b>	
<b>KI zum Anfassen – Arbeiten mit Tools</b> .....	<b>391</b>
1. Matlab – MATrix LABoratory .....	395
2. R und Python .....	396
3. KNIME – Konstanz Information Miner .....	397
4. TensorFlow – Das KI-Framework von Google .....	398
5. LabelMe – ein Tool zum Annotieren von Bildern .....	399
Überleitung zu Teil IV .....	401
 <b>TEIL IV</b>	
<b>IST DIE MASCHINE BALD KLÜGER ALS DER MENSCH UND FÜHLT SIE SICH WENIGSTENS GUT DABEI</b> .....	<b>403</b>
 <b>Kapitel 15</b>	
<b>Materie und Geist – Ein notwendiger Ausflug in die Philosophie</b> .....	<b>405</b>
Wie klug ist die KI heute schon? .....	405
Generelles Nachdenken über den Geist und das Bewusstsein .....	412
Dualismus .....	413
Monismus .....	414

Emergenztheorie .....	415
Funktionalismus .....	415
Schön philosophiert – Und nun? .....	417
Andere Meinungen .....	418
Zusammenfassung .....	419

## Kapitel 16

### Mit der Lupe ins Gehirn geschaut:

#### **Bewusstsein – Wo bist du?..... 421**

Von der Philosophie des Geistes zurück zur empirischen Forschung .....	421
Wo und wie ist denn nun die Qualia abgespeichert? .....	422
Die Anatomie neuronaler Netze im menschlichen Gehirn. ....	424
Die Physiologie der neuronalen Informationsverarbeitung .....	426
Eine wichtige Diskussion: Wetware vs. Hardware. ....	431
Der große Vorteil der Wetware – Unsere heutige Hardware besitzt keine Qualia .....	433
1. Detaillierte Analyse des menschlichen Gehirns .....	434
2. Mathematische Modellierung von Bewusstsein und Qualia im Gehirn .....	434
3. Bestimmung der Eigenschaften, die ein System haben müsste, um Bewusstsein auszuprägen .....	435
4. Zeigen, dass die heutigen KI-Systeme diese Eigenschaften nicht besitzen .....	436
Eine Hypothese: Zur Erzeugung und Nutzung von Bewusstsein benötigen wir quantenphysikalische Systeme .....	436
Ein Beispiel: Der Mensch sieht nicht nur mit seinen Augen .....	438
Zusammenfassung .....	442

## Kapitel 17

#### **Zukünftige Entwicklungen und ethische Fragen..... 443**

Quo vadis KI oder warum die Singularität ausfällt .....	444
Auswirkungen bei der Nichterkennung technischer Grenzen der heutigen KI-Systeme .....	446
Die Evolution der Schwachen KI .....	447
Deduktive KI – Die KI bis gestern .....	447
Induktive und Kognitive KI – Die KI der Gegenwart. ....	447
Neuromorphe KI – Die KI von morgen .....	450
Die Evolution der Starken KI .....	453
KI auf Quantencomputern .....	453
Maschinelles Bewusstsein auf Quantencomputern? .....	454
Die dunkle Seite der KI .....	460
Wider alle Technik – Wir müssen über Ethik reden .....	461
Was hat unsere gesellschaftliche Debattenkultur mit KI zu tun? .....	462
Und jetzt auch noch Fake Science .....	464
Damit kommen wir zur Ethik .....	465



20 Inhaltsverzeichnis

Fiction 1: Plädoyer gegen die Künstliche Intelligenz –  
Das Risiko vom Ende ..... 469  
Fiction 2: Plädoyer für die Künstliche Intelligenz –  
Die Chance zum Anfang ..... 471  
Diskussion..... 475

**TEIL V**  
**DER TOP-TEN-TEIL ..... 477**

**Kapitel 18**  
**Zehn Begriffe und Einordnungen..... 479**

Damit Sie die KI nicht missverstehen ..... 479  
Tipps für Studenten..... 480  
Tipps für Manager..... 480  
Und ein kleiner Tipp für Politiker und interessierte Laien..... 481  
Es gibt auch Big Data..... 482  
Ein Einstieg für Interessierte mithilfe des Internets..... 482  
Werden Sie aktiv – Probieren Sie selbst mal was aus..... 483  
Haben Sie Freude mit KI-Anwendungen..... 484  
KI ist gut organisiert..... 485  
Führen Sie KI in Ihrem Unternehmen ein oder werden  
Sie dafür verantwortlich..... 486

**Literaturliste ..... 489**

**Abbildungsverzeichnis ..... 493**

**Stichwortverzeichnis ..... 499**